

ボアホールテレビュアで検出したすべり変形を用いた野島断層中軸部の応力場の推定

Stress orientation at the Nojima fault core estimated from fault slip detected by borehole televiewer

木口 努[1]; 伊藤 久男[1]

Tsutomu Kiguchi[1]; Hisao Ito[1]

[1] 産総研

[1] AIST

1. はじめに

ボアホールテレビュア(以下, BHTV と称す)は孔壁から反射する超音波の振幅と走時を計測し, 孔壁面をイメージングする検層である. 孔井掘削や孔井への注水試験などの影響により, 地下に存在する亀裂面に沿ったすべりが生じることがあり, このすべりによる孔井断面の変形を BHTV で検出した例が報告されている.

地質調査所(現産業技術総合研究所)は 1995 年兵庫県南部地震で活動した野島断層を貫く孔井を掘削した. 本孔井で取得した BHTV の走時データを用いて孔井断面を表示することにより, 野島断層の中軸部近傍において既存亀裂や断層面に沿ったすべりと思われる孔井断面の変形を検出することができた. このすべり変形を解析することにより野島断層中軸部の応力場の推定を行った.

2. 孔井断面図にみられる断層すべり

深度 746.7 m まで掘削された本孔井で BHTV を含む各種の検層を実施した. ほぼ全深度で採取されたコアの観察から, 深度 426 m から孔底までを断層破砕帯と定義し, 623.1~625.3 m の断層ガウジを野島断層の中軸帯と判断した.

孔井の断面図を作成するために BHTV の走時データを用いた. 断層破砕帯の外側や断層破砕帯の縁辺部など大部分の深度では, 孔井断面図にすべりに関係する変形は見られず, 断面図はほぼ真円である. しかし, 野島断層の中軸帯とその下部に相当する深度 624~635 m の約 8m の区間内の 7 深度では, すべりによる変形を確認することができた. この変形のすべり方向と変位量を定量的に把握するために, 断面図をすべり面を境界とする 2 つの領域に分け, それぞれに近似する円弧を求めた. 2 つの円弧の中心の差から, すべり方向と変位量を算出した.

また, BHTV の走時と振幅による孔壁画像データを用いて, すべりの変形が見られた深度に存在する亀裂を検出し, その走向と傾斜角を求めた. さらに, 孔井断面図のすべりによる変形の特徴から, すべりのタイプ(正断層タイプ, 逆断層タイプ, 横ずれ断層タイプ)を分類することができた.

3. 野島断層中軸部の応力場の推定

断層近傍の応力状態を把握することは, 断層の摩擦強度の推定を始め地震発生のモデルの検証のために重要である. しかし, 断層破砕帯中では測定可能な試料や安定した孔壁がほとんど得られないため, コア試料を用いた測定や水圧破砕法などの実施が困難となる場合が多い. 従って, BHTV で検出するすべり変形を用いた, 断層中軸部に適用可能な応力解析手法の開発が期待される.

ここでは, すべりの方向, 既存亀裂の走向・傾斜角及びすべりのタイプのデータを用いて, 最大水平圧縮応力 (SH_{max}) の方向と中間主応力の大きさを表すパラメータ α の推定を試みる. α の定義は, $\alpha = (S_2 - S_3) / (S_1 - S_3)$, as $S_1 \geq S_2 \geq S_3$, $S_1 \geq S_3$ である. α は 0 から 1 までの値を取りうる. 解析では, a) 主応力の 1 つは垂直方向である, b) 3 主応力の相対的な大きさの分類は孔井断面図から求めたすべりタイプで決定する, c) 亀裂面上のすべり方向はその面上の最大せん断応力の方向と一致する, などの仮定を行う. ある走向と傾斜角をもつ断面上のすべり方向は, 水平応力の方向と 3 主応力の相対的な大きさに依存するという原理を用いて, 各深度における BHTV のすべり方向等のデータと整合する, SH_{max} の方向の範囲とその方向におけるパラメータ α がそれぞれ得られる. この結果を用いた応力場の解釈については検討中であるが, 1 案を以下に示す.

孔井断面図に現れるすべり変形の特徴から, 約 8m の区間内に存在する 7 深度では逆断層タイプと横ずれ断層タイプのすべりが共存することがわかる. この条件と 8m の区間内で主応力値は大きく変化しないとする仮定により, 鉛直応力と最小水平応力の値は等しいか, 大きな差はないと言える. この場合, α は 0 または 0 に近い値となるため, 先に求めた SH_{max} が存在する方向のうち, α が 0 となる場合の方向を 7 深度について求めた. 横ずれ断層タイプの 5 深度では SH_{max} の方向は N~N50°E に分布する. 一方, 逆断層タイプでは, 今回の解析原理上 $\alpha = 0$ となる SH_{max} の方向は 2 方向求まることから, その方向は N40°E と N50~70°W である. 今回の解析だけでは 1 方向に決定できないが, 8m の区間内では SH_{max} の方位は統一的であるとし, 横ずれ断層タイプの結果と整合する N40°E 方向を採用する. その結果, 野島断層中軸部における SH_{max} の方向は N~N50°E の範囲にあると求めることができ, この方向は地表に現れた野島断層にほぼ平行となる. SH_{max} の方向が野島断層にほぼ平行であるとするならば, 断

層面に作用するせん断応力はほぼ0となり、兵庫県南部地震の際にほぼ完全な応力降下が生じたと解釈できる。